

ASTROFISICA TEORICA

COMUNICACIONES

Modelos numéricos de Nubes Cósmicas en contracción gravitatoria.

W. G. L. PÖPPEL

Instituto Argentino de Radioastronomía

Abstract: Starting from uniform distributions of density and temperature, the hydrodynamical equations are integrated for contracting spherical masses of pure atomic hydrogen without radiation. We found a monotonic increase of density and temperature in the time. The space distributions of density and temperature are uniform but the velocity field is linear with distance from the center. As the paper will be published elsewhere we give here only a synopsis.

Se plantean modelos numéricos de nubes en contracción gravitatoria con vistas a la formación de estrellas.

Los modelos presuponen simetría esférica y composición fisicoquímica fija. Las ecuaciones consideradas son las hidrodinámicas, incluyendo la gravitación y despreciando términos de viscosidad y conducción térmica (ver Bol. Asoc. Arg. de Astr. 5, 31, 1963; en lo sucesivo denominado trabajo I). Las condiciones iniciales adoptadas son las más simples, correspondiendo a un medio uniforme en reposo. Condiciones iniciales más elaboradas complicarían innecesariamente el problema. Por otra parte, las condiciones imperantes en una nube no son conocidas en detalle. Además la adopción de tales condiciones iniciales permite utilizar las soluciones analíticas aproximadas obtenidas en el trabajo I, las que pueden servir de guía para controlar el comportamiento general de los cálculos numéricos.

En cuanto al comportamiento térmico, a diferencia de otros autores, aquí se utiliza una evolución adiabática, ya que se piensa más bien en una nube primordial, constituida por H atómico puro y carente de agentes ionizantes exteriores. En consecuencia, el modelo solo aspira a describir la primera fase del proceso de contracción de tal nube primordial. Esta fase concluirá cuando comience activamente la ionización del gas, ya que entonces la disipación radiativa se hará importante. Es decir que no deberá superarse una cierta temperatura θ característica. Para H puro, cuyo primer nivel excitable ~ 10 eV, θ deberá ser muy inferior a

$$\theta' \sim \frac{2}{3} \frac{10 \text{ eV}}{k} \sim 75.000^\circ \text{ K}$$

por ejemplo $\theta \sim 15.000^\circ \text{ K}$.

A los efectos del control de los cálculos y para una fácil generalización de las ecuaciones a procesos térmicos más complejos, se utiliza aquí la ecuación de conservación de la energía en lugar de la relación adiabática explícita entre T y ρ . Por otra parte, las integraciones también valen para una mezcla de H atómico con He pues solo será necesario cambiar el valor de μ .

Las condiciones de contorno utilizadas en el modelo son:

$$\text{en el centro } (r = 0): \quad v = 0, \quad \frac{\partial T}{\partial r} = 0, \quad \frac{\partial \rho}{\partial r} = 0,$$

y en el borde exterior ($r = R(t)$): $p = \text{Cte.}$ (lo cual conduce a $T = \text{Cte.}, \rho = \text{Cte.}$)

Luego de adimensionalizar las ecuaciones se pasó a su resolución numérica mediante diferencias finitas aplicando el método de Runge-Kutta. Los cálculos se hicieron con la computadora Ferranti-Mercury del Instituto de Cálculo de la UNBA. Un criterio utilizado para mantener acotados los errores de cálculo fue el de la constancia de las masas de los diferentes segmentos esféricos en que se dividió a la nube. Una complicación la constituyeron las inestabilidades matemáticas. Estas fueron acotadas reduciendo suficientemente Δt y eligiendo adecuadamente las ecuaciones en diferencias finitas.

De esta manera se calcularon completamente dos soluciones hasta casi el colapso final, y parcialmente otras dos. Una vez fijados los dos parámetros libres ρ^* y T^* utilizados en la adimensionalización, las cuatro soluciones difieren entre sí en sus radios iniciales. Esto permite apreciar la influencia del contorno exterior en su dependencia con las dimensiones iniciales de la nube. Las masas típicas para estas soluciones están en el rango 1 a 10^7 masas solares. Prescindiendo de la zona influida por el borde, los resultados numéricos para las cuatro soluciones resultaron idénticos. La extensión de dicha zona es relativamente mayor cuando menor es el radio inicial. Los resultados de los cálculos confirman el comportamiento general de las soluciones analíticas del trabajo I. Teniendo siempre presentes las hipótesis hechas, en especial $T < \theta$, las características generales de las soluciones

numéricas indican que

a) La nube se contrae en un tiempo

$\tau_0 \sim 0.542 (G\rho^*)^{-1/2}$ independiente de la masa y de la temperatura inicial del sistema.

b) Durante todo el proceso el fluido permanece con distribuciones uniformes de temperatura y densidad a excepción de una cierta zona periférica a partir del contorno exterior, cuya extensión relativa es tanto menor cuanto mayor sea la masa.

c) El campo de velocidades permanece lineal con r . Esto se explica porque, al ser por hipótesis inicialmente despreciable el gradiente de presión, solo actúan las fuerzas gravitatorias, de modo que el proceso se inicia con una caída libre.

d) El proceso de contracción es muy lento al principio. Por ej. luego de $0.6 \tau_0$ la densidad apenas se incrementa en un factor ~ 2.6 . En el interin va aumentando notablemente el campo de velocidades. Una vez desarrollado éste, el proceso es rapidísimo, prosiguiendo con un rápido y monótono crecimiento de T y de ρ siempre en condiciones aproximadamente uniformes. Por la lentitud inicial del proceso también sería de esperar que el tiempo de contracción total, τ_0 , probablemente caracterice la duración total del proceso real de contracción, incluyendo las fases posteriores de la evolución y fraccionamiento no incluidas aquí.

Es de hacer notar que, si bien aquí se manifiesta un comportamiento de homogeneidad en la distribución espacial de la densidad, ello no sucede en las soluciones de otros autores (por ej. Ruskol 1955, McNally 1964, Hunter 1967, Penston 1966). Como ya lo hace notar este último, cuando se parte de distribuciones iniciales más concentradas en el centro, por ejemplo politrópicas, al ser el tiempo característico de evolución del proceso del orden de $(G\rho^*)^{-1/2}$, es lógico esperar que las zonas más densas evolucionen más rápidamente que las menos densas, y en consecuencia se vayan destacando cada vez más las concentraciones centrales. Esto muestra la importancia que las condiciones iniciales pueden tener sobre el desarrollo del proceso y la necesidad de disponer de buenas observaciones que orienten las suposiciones que en tal sentido se hagan.

En un trabajo posterior se proyecta incluir detalladamente los procesos de disipación radiativa y de interacciones colisionales que hagan variar la composición físico-química, según fuera esbozado en Bol. Asoc. Arg. de Astr. 10, 68, 1965.

Ruskol, E. L., Astr. Zurn. (Akad. Nauk URSS) 32, 244, 1955.

McNally, D., Ap. J. 140, 1088, 1964.

Penston, M. V., Royal Obs. Bull. 117, 1966.

Hunter, J. H., Congres et Colloques de l'univ. de Liege, 41, 307, 1967.

The continuum of MH_a 328-116.

H. GEROLA, F. CAPUTO AND N. PANAGIA

*Dto. de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales,
Universidad de Buenos Aires and Laboratorio di Astrofisica
dell'Università di Roma.*

Abstract: The peculiar continuum of MH_a 328-116 is found to correspond to that of a nebula where thermal collisions are responsible for the excitation at $T_e = 1.3 \times 10^4$ °K and $N_e = 5 \times 10^6$ cm⁻³ in accordance with that shown by the line spectrum.

Lyman alfa and excitation mechanism.

H. GEROLA, M. M. FULCHIGNONI AND N. PANAGIA

*Dto. de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales,
Universidad de Buenos Aires and Laboratorio di Astrofisica
dell'Università di Roma.*

Abstract: Lyman alfa of hydrogen results to be the best indicator of the excitation mechanism operating in gaseous nebula. Also the interstellar absorption by gas and dust has been included. Recent observations with space probes may imply that also for interstellar gas collisional excitations is important.

Una propiedad de los cúmulos abiertos.

CARLOS J. LAVAGNINO

Observatorio Astronómico, La Plata

Abstract: It was shown in previous articles that open clusters have a particular location in the mass-size diagram. This paper shows the usefulness of this correlation for the study of open clusters as a species. The problem is discussed from the viewpoint of age and richness of this objects.

Collisional excitation in nebulae and symbiotic variables.

H. GEROLA AND N. PANAGIA

*Dto. de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales,
Universidad de Buenos Aires and Laboratorio di Astrofisica
dell'Università di Roma.*

Abstract: It is proposed that the temperature simulation effect for the continuum of gaseous envelopes which are collisionally excited may explain the spectra of symbiotic objects such as AG Pegasi.

So it would not be necessary to postulate the binary structure for all the symbiotic objects. It has been found that in the case of AG Pegasi the binary hypothesis and the single object hypothesis are equivalent.